

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра прикладної фізики та фізики плазми

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
В.о. директора ІНІ «Фізико-технічний
факультет»



Пилип КУЗНЕЦОВ

2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Загальна фізика (Електрика та магнетизм)

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалавр)
галузь знань 10 – “Природничі науки”
(шифр і назва)
спеціальність 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”
(шифр і назва)
освітня програма «Прикладна фізика», «Біомедичні нанотехнології»
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни обов’язкова
(обов’язкова / за вибором)
факультет ІНІ «Фізико-технічний факультет»

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою ННІ «Фізико-технічний факультет»

“25” серпня 2023 року, протокол №8

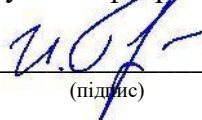
РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

Олефір Володимир Петрович, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, доцент, доцент кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Протокол від “24” липня 2023 року №12

Завідувач кафедри прикладної фізики та фізики плазми



(підпис)

Ігор ГАРКУША
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми Прикладна фізика
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми



(підпис)

Ігор ГІРКА
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми

Біомедичні нанотехнології

(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми



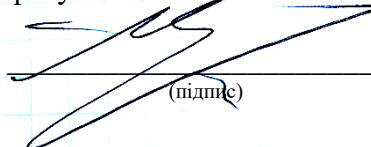
(підпис)

Ольга ЖИТНЯКІВСЬКА
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»

Протокол від “14” серпня 2023 року №11

Голова науково-методичної комісії ННІ «Фізико-технічний факультет»



(підпис)

Микола ЮНАКОВ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Загальна фізика (Електрика та магнетизм)» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – «Природничі науки»
Спеціальність: 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»
Освітня програма: «Прикладна фізика», «Біомедичні нанотехнології»

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Загальна фізика є базовою дисципліною освіти фахівців з фізики, оскільки обумовлює якість теоретичних та експериментальних знань спеціалістів у галузі медичної фізики, нанофізики, ядерної фізики, фізики плазми, фізичного матеріалознавства та наукоємних фізичних технологій. Дисципліна «Електрика та магнетизм» викладається у третьому семестрі та є важливою складовою частиною курсу загальної фізики, її вивчення потребує відповідних знань з математичного аналізу, лінійної алгебри, векторного та тензорного аналізу. Дисципліна «Електрика та магнетизм» є важливою складовою частиною курсу загальної фізики, яка використовує знання з попередніх дисциплін курсу загальної фізики, таких, як «Механіка» та «Молекулярна фізика». В свою чергу дисципліна «Електрика та магнетизм» містить матеріал, що необхідний під час викладання наступних дисциплін з курсу загальної фізики, таких як «Оптика» та «Атомно-ядерна фізика», а також багатьох спеціальних курсів фахового спрямування, таких як: «Теоретична ядерна фізика»; «Експериментальна ядерна фізика»; «Фізика плазми та фізичні технології»; «Фізичне матеріалознавство»; «Медична і біологічна фізика»; «Фізичні основи медичної апаратури». Метою викладання навчальної дисципліни «Електрика та магнетизм» є надання студентам знань та навичок у дослідженні електромагнітних явищ, необхідних для формування наукового світогляду фахівця у нових галузях фізики.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями дисципліни «Електрика та магнетизм» є забезпечення успішного засвоєння студентами теоретичних основ електромагнетизму в рамках класичної фізики, доповненої елементами квантової фізики; оволодіння методами розв'язування задач зі знаходження характеристик електричного та магнітного поля та дослідження пов'язаних процесів; засвоєння методів експериментального дослідження характеристик електричного та магнітного поля та закріплення відповідних експериментальних навичок; формування у студентів загальної та предметної компетентності в галузі електромагнітних явищ; формування у студентів здатності самостійно засвоювати наукові знання; надати студентам базові знання з електромагнетизму, що необхідні для розуміння, дослідження, пояснення та передбачення електромагнітних явищ.

Загальні компетентності, які мають бути засвоєні в результаті вивчення дисципліни «Електрика та магнетизм»:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (ЗК-1)
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; (ЗК-2)
- здатність до проведення досліджень на відповідному рівні; (ЗК-6)
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (ЗК-7)
- здатність працювати автономно; (ЗК-9)

- навички здійснення безпечної діяльності. (ЗК-10)

Фахові компетентності, які мають бути засвоєні в результаті вивчення дисципліни «Електрика та магнетизм»:

- здатність брати участь у плануванні та виконанні експериментів і лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів; (СК-2)
- здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження; (СК-3)
- здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій; (СК-5)
- здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем; (СК-6)
- здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності; (СК-7)
- здатність працювати із науковим обладнанням і вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень; (СК-9)
- здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем; (СК-10)
- розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних досліджень. (СК-11)

1.3. Кількість кредитів: 12

1.4. Загальна кількість годин: 360

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Обов'язкова / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	
Семестр	
3-й	
Лекції	
96 год.	
Практичні, семінарські заняття	
48 год.	
Лабораторні заняття	
64 год.	
Самостійна робота	
152 год.	
у тому числі індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Запланованими результатами навчання дисципліни «Електрика та магнетизм» студенти є: теоретичні основи електрики та магнетизму в рамках класичної фізики, доповненої елементами квантової фізики, необхідними для побудови фізичної картини електричних та магнітних явищ; основні методи розв'язування задач з електрики та магнетизму з використанням диференціального та інтегрального числення, теорії диференціальних рівнянь, лінійної алгебри, векторного та тензорного аналізу; основні методи експериментального дослідження характеристик електромагнітного поля та явищ, пов'язаних із протіканням

електричного струму в різних середовищах; навички спільної роботи в навчальному та науковому колективі; загальна та предметна компетентності у галузі електрики та магнетизму.

Згідно з освітньо-професійною програмою «Прикладна фізика» спеціальність 105 – «прикладна фізика та наноматеріали» студенти мають досягти таких результатів навчання:

- знати та розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики; **(Зн-1)**
- розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем; **(Зн-3)**
- знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, механіки суцільних середовищ, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та геометричної оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з теоретичної та прикладної фізики; **(Зн-4)**
- знати та розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій; **(Зн-5)**
- застосовувати сучасні математичні методи для побудови та аналізу математичних моделей фізичних процесів; **(Ум-1)**
- застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики; **(Ум-2)**
- застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій; **(Ум-3)**
- вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики; **(Ум-4)**
- відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність і релевантність інформації; **(Ум-5)**
- класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики; **(Ум-6)**
- мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи; **(АіВ-1)**
- знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини; **(АіВ-2)**
- знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини. **(АіВ-3)**

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Вступ. *Історія фізичних уявлень про електрику та магнетизм від найдавніших часів до нашого часу. Коло задач, що розглядаються в курсі електрики та магнетизм. Математичний апарат та наукові абстракції, які використовуються в курсі. Структура курсу та огляд його основних складових. Теоретичний та експериментальний методи вивчення електричних та магнітних явищ. Зв'язок*

електромагнітних явищ з класичною механікою та молекулярною фізикою, оптикою та атомно-ядерною фізикою.

Розділ 1. Електричне поле

Тема 1. Електростатичне поле у вакуумі

Електромагнітна взаємодія. Електричний заряд. Закон збереження електричного заряду. Закон Кулона. Одиниці вимірювання заряду в системах СГСЕ та СІ. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції. Силові лінії електричного поля. Приклади розв'язку задач за допомогою закону Кулона.

Потік вектора напруженості електричного поля. Інтегральна та диференціальна форми теореми Гаусса–Остроградського. Визначення напруженості електричного поля, що створюється зарядженими тілами правильної форми. Нестійкість електростатичних систем. Теорема Ірншоу. Робота сил електростатичного поля. Теорема про циркуляцію вектора напруженості електростатичного поля та її диференціальна форма. Потенціальний характер електростатичного поля. Потенціальна енергія. Потенціал. Одиниці вимірювання потенціалу в системах СГСЕ та СІ. Зв'язок потенціалу з напруженістю електростатичного поля. Еквіпотенціальні поверхні. Зв'язок силових ліній електричного поля та еквіпотенціальних поверхонь.

Рівняння Лапласа та Пуассона. Математична постановка задач електростатики. Граничні умови для потенціалу. Застосування рівняння Пуассона для дослідження плазми. Дебаївський радіус. Електричний диполь. Напруженість та потенціал електростатичного поля електричного диполя. Сила та момент сил, що діють на електричний диполь у зовнішньому електричному полі. Енергія електричного диполя у зовнішньому електричному полі.

Тема 2. Провідники в електростатичному полі.

Провідники в електростатичному полі. Явище електростатичної індукції. Розподіл зарядів на поверхні провідника. Іонний мікроскоп. Генератор Ван де-Графа. Основна задача електростатики та теорема про однозначність її розв'язку. Метод електричних зображень.

Зв'язок між зарядом та потенціалом провідника. Електрична ємність. Конденсатори. Ємність плоского, циліндричного та сферичного конденсаторів. З'єднання конденсаторів.

Енергія електричного поля системи точкових зарядів, енергія зарядженого провідника та енергія зарядженого конденсатора. Густина енергії електричного поля. Енергія електричного поля зарядженої кулі. Класичний радіус електрона.

Тема 3. Електричне поле в діелектриках

Діелектрики в електростатичному полі. Ослаблення електричного поля в діелектрику. Діелектрична проникність речовини. Вектор електричної індукції та його джерела. Теорема Гаусса–Остроградського для вектора індукції. Диференціальна форма запису теореми Гаусса–Остроградського для вектора індукції.

Граничні умови для вектора напруженості та вектора індукції на межі розділу діелектриків. Методи вимірювання векторів індукції та напруженості електричного поля в діелектриках. Полярні та неполярні молекули. Вільні та зв'язані заряди. Поляризація діелектриків. Вектор поляризації. Електрична сприйнятливості та діелектрична проникність речовини. Зв'язок між векторами напруженості, індукції та поляризації в ізотропних середовищах. Теорема Гаусса–Остроградського та граничні умови для вектора поляризації. Зв'язок вектора поляризації зі зв'язаними поверхневими та об'ємними зарядами.

Куля з діелектрика у зовнішньому однорідному електричному полі. Діелектрична проникність газу полярних молекул. Класична функція Ланжевена. Діелектричні властивості кристалів. Поняття про тензори діелектричної проникності та сприйнятливості. Піроелектрики. П'єзоелектрики. Прямий та зворотний п'єзоэффект і його застосування. Сегнетоелектрики. Доменна структура сегнетоелектриків. Явище гістерезису. Температура Кюрі сегнетоелектрика.

Конденсатори, заповнені діелектриком. Енергія електричного поля, пов'язана з поляризацією діелектрика. Густина енергії електричного поля в діелектрику.

Розділ 2. Електричний струм

Тема 4. Основні характеристики електричного струму

Сталий електричний струм. Сила та густина струму. Лінії струму. Електричне поле в провіднику та його джерела. Електрорушійна сила (ЕРС). Закон збереження заряду та рівняння неперервності. Електропровідність та питомий опір провідного середовища. Закон Ома в інтегральній та диференціальній формі для ділянки кола, що не містить ЕРС. Одиниці вимірювання струму, густини струму, провідності та питомого опору. З'єднання провідників. Опір масивних провідників.

Закон Ома для ділянки електричного кола, що містить ЕРС. Падіння напруги та різниця потенціалів. Залежність питомого опору провідників від температури. Надпровідність. Закон Джоуля–Ленца в інтегральній та диференціальній формі. Заломлення ліній струму на межі розділу середовищ з різною електропровідністю. Закон Ома для замкнутого кола. Джерела струму та коефіцієнт корисної дії джерела. Розгалужені кола. Правила Кірхгофа та їх використання для розв'язку задач. Перехідні процеси та протікання квазістаціонарного синусоїдального електричного струму в колах, що містять послідовно з'єднані активний опір та ємність.

Тема 5. Класична теорія електропровідності металів, газів та електролітів

Фізична природа носіїв струму в металах. Дослід Рікке. Класична теорія Друде–Ленца електронної провідності металів. Вивід законів Ома, Джоуля–Ленца та Відемана–Франца з класичної теорії провідності металів. Переваги та недоліки класичної теорії провідності.

Особливості електропровідності газів. Типи газових розрядів. Закон Ома для несамостійного газового розряду. Самостійний розряд. Ударна іонізація. Особливості тліючого розряду. Дуговий розряд. Іскровий розряд. Пробивна напруга поля для газів, рідин, твердих тіл. Блискавка. Коронний розряд. Утворення плазми в різного виду самостійних розрядах. Молекулярно-кінетична модель електроліту. Електропровідність електролітів. Закони електролізу Фарадея.

Тема 6. Основні положення квантової теорії

Класифікація елементарних частинок. Стала Планка. Спін. Ферміони та бозони. Принцип Паулі. Модель атома по Томсону. Планетарна модель атома по Резерфорду. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Хвилі де Бройля. Дифракція електронів на кристалах. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Будова атома водню по Бору та по де Бройлю. Квантування радіусів орбіт електронів та рівнів енергії. Багатоелектронні атоми. Фонони.

Тема 7. Елементи квантової теорії провідності

Вільні електрони в металах. Електронна модель провідника по моделі Зоммерфельда. Фермівський імпульс і фермівська енергія. Ослаблення взаємодії електронів внаслідок принципу Паулі. Функція розподілу електронів при нульовій та ненульовій температурі по Кельвіну. Температура виродження. Закон дисперсії та Фермі-поверхня. Застосування статистики Фермі–Дірака до електронів у металах. Число квантових станів. Залежність фермівської енергії від температури. Питома теплоємність металевого провідника. Закон Відемана–Франца в моделі Зоммерфельда. Переваги та недоліки теорії Зоммерфельда. Поняття про зонну теорію твердих тіл. Енергетичні рівні та формування енергетичних зон. Властивості повністю заповненої енергетичної зони. Зонна структура енергетичного спектра металів, діелектриків, напівпровідників. Власні та домішкові напівпровідники. Власна, донорна та акцепторна провідність напівпровідників. Провідники n - та p - типу, n – p перехід. Залежність провідності напівпровідників від температури. Застосування напівпровідників. Напівпровідникові діоди, фотодіоди, фоторезистори.

Тема 8. Термоелектричні та контактні явища

Термоелектронні явища. Потенціальна яма для електронів у металі. Робота виходу. Термоелектронна емісія. Вольт-амперна характеристика вакуумного діода. Залежність емісійного струму від температури. Вплив об'ємного заряду на протікання електричного струму в вакуумному діоді. Закон «3/2». Струм насичення. Закон Річардсона–Дешмана. Автоелектронна емісія. Фотоефект. Тунельний ефект. Коефіцієнт прозорості потенціального бар'єра. Контактні явища. Контактна різниця потенціалів. Термоелектрика. Ефект Зеебека. Коефіцієнт термоелектрорушійної сили. Ефект Пельтьє. Ефект Томсона. Зв'язок термоелектричних явищ.

Розділ 3. Магнітне поле

Тема 9. Магнітне поле у вакуумі

Постійне магнітне поле. Вихровий характер магнітного поля. Сила Лоренца. Закон Ампера. Дослід Ерстеда. Магнітне поле точкового заряду, що рухається рівномірно. Зв'язок між електричним та магнітним полями, які створюються зарядом, що рухається рівномірно. Магнітна взаємодія зарядів, що рухаються.

Закон Біо–Савара–Лапласа. Магнітне поле лінійного струму. Одиниці виміру струму та магнітного поля в системах СГСЕ, СГСМ та СІ. Магнітне поле кругового витка зі струмом. Теорема про циркуляцію магнітного поля у вакуумі або закон повного струму. Поле соленоїда та тора. Закон повного струму в диференціальній формі. Виток зі струмом у зовнішньому магнітному полі. Магнітний момент витка зі струмом. Векторний потенціал. Зв'язок векторного потенціалу з вектором індукції магнітного поля. Аналогія між рівняннями електростатики та магнітостатики. Вивід закону Біо–Савара–Лапласа з рівняння для векторного потенціалу. Робота при переміщенні провідника зі струмом або витка зі струмом у зовнішньому магнітному полі. Потенціальна функція витка зі струмом у зовнішньому магнітному полі.

Тема 10. Рух заряджених частинок в постійних електричних та магнітних полях

Рух заряджених частинок в однорідних електричних та магнітних полях. Рух заряджених частинок у взаємно перпендикулярних електричних та магнітних полях. Ефект Холла. Рух заряджених частинок у неоднорідному магнітному полі. Магнітне поле Землі. Радіаційні пояси Землі.

Тема 11. Явище електромагнітної індукції

Електромагнітна індукція. Закон електромагнітної індукції Фарадея. Правило Ленца. Тлумачення явища електромагнітної індукції Фарадеєм і Максвелом. Рівняння Максвела для електромагнітної індукції в інтегральній і диференціальній формах. Зв'язок між векторами напруженості електричного поля та індукції магнітного поля в різних системах відліку.

Індукційні струми Фуко в масивних провідниках. Флюксометр і пояс Роговського та їх застосування для вимірювання характеристик магнітного поля.

Самоіндукція. Коефіцієнт самоіндукції. Взаємна індукція. Коефіцієнти взаємної індукції. Теорема взаємності. Індуктивність соленоїда. Одиниці вимірювання магнітних величин в різних системах.

Перехідні процеси та протікання квазістаціонарного синусоїдального електричного струму в колах, що містять послідовно з'єднані активний опір та індуктивність.

Магнітна енергія струмів. Енергія магнітного поля. Об'ємна густина енергії магнітного поля в речовині. Використання індукційного електричного поля для прискорення електронів у бетатроні. Забезпечення стійкості процесу прискорення електронів за допомогою неоднорідного магнітного поля.

Тема 12. Магнітне поле в речовині

Магнетики. Гіпотеза Ампера про молекулярний струм. Магнітний момент молекулярного струму. Струми намагнічування та вектор намагніченості речовини, зв'язок між ними. Теорема

про циркуляцію вектора індукції магнітного поля в речовині. Вектор напруженості магнітного поля. Зв'язок між векторами індукції та напруженості магнітного поля. Магнітна проникність та магнітна сприйнятливості речовини. Граничні умови та заломлення ліній магнітної індукції та напруженості магнітного поля на межі розділу магнетиків. Методи вимірювання напруженості та індукції магнітного поля в магнетиках.

Тема 13. Магнітні властивості атомів та молекул

Магнітні властивості атомів і молекул. Зв'язок орбітального моменту імпульсу електрона з його орбітальним магнітним моментом. Гіромагнітне відношення. Власний момент імпульсу електрона та його власний магнітний момент. Магнетон Бора. Досліди Ейнштейна–де Гааза; Барнетта; Штерна та Герлаха. Прецесія орбітального магнітного моменту в зовнішньому магнітному полі. Ларморівська частота.

Тема 14. Властивості магнетиків

Класифікація магнетиків. Діамагнетики, парамагнетики та феромагнетики. Діамагнетизм атомів. Діамагнітна сприйнятливості та проникність речовини. Ларморівська прецесія, як один із проявів електромагнітної індукції. Парамагнетизм. Пояснення парамагнетизму по Ланжевєну. Функція Ланжевєна. Закон Кюрі. Феноменологічна теорія Вейсса для феромагнетиків. Спонтанна намагніченість. Явище гістерезису. Коерцитивна сила та залишкова намагніченість. Температура Кюрі. Феромагнітні домени. Закон Кюрі–Вейсса. Антиферомагнетизм. Феримагнетики. Магнітні властивості надпровідників. Критичні значення магнітного поля та температури. Ефект Мейснера–Оксенфельда. Феноменологічна теорія надпровідності Лондонів.

3 Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Електричне поле						
Тема 1. Електростатичне поле у вакуумі	41	10	9	4		18
Тема 2. Провідники в електростатичному полі	16	5	3	3		5
Тема 3. Електричне поле в діелектриках	44	8	6	4		26
Разом за розділом 1	101	23	18	11		49
Розділ 2. Електричний струм						
Тема 4. Основні характеристики електричного струму	26	8	2	6		10
Тема 5. Класична теорія електропровідності металів газів та електролітів	24	8	4	6		6
Тема 6. Основні положення квантової теорії	15	6	1	4		4
Тема 7. Елементи квантової теорії провідності	16	6	1	4		5
Тема 8. Термоелектричні та контактні явища	28	8	1	4		15
Разом за розділом 2	109	36	9	24		40
Розділ 3. Магнітне поле						
Тема 9. Магнітне поле у вакуумі	35	10	6	8		11
Тема 10. Рух заряджених частинок в постійних електричних та магнітних полях	20	6	2	4		8
Тема 11. Явище електромагнітної індукції	27	6	6	4		11
Тема 12. Магнітне поле в речовині	19	3	1	3		12
Тема 13. Магнітні властивості атомів та молекул	15	4	1	4		6
Тема 14. Властивості магнетиків	34	8	5	6		15

Разом за розділом 3	150	37	21	29		63
Разом годин	360	96	48	64		152

4 Теми практичних, лабораторних занять

4.1 Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Практичні заняття		
Розділ 1. Електричне поле.		
1	Електричне поле у вакуумі. Закон Кулона. Одиниці вимірювання електричних одиниць. Принцип суперпозиції.	3
2	Теорема Гаусса–Остроградського та її використання для визначення просторового розподілу електричного поля.	3
3	Потенціал електростатичного поля та методи його визначення за допомогою рівняння Пуассона та зв'язку потенціалу з вектором напруженості.	3
4	Електростатика провідників, метод зображень. Конденсатори, тиск електричного поля на заряджену поверхню, енергія електричного поля в вакуумі.	3
5	Джерела, граничні умови та просторовий розподіл векторів напруженості індукції та поляризації в діелектриках.	3
6	Конденсатори, заповнені діелектриками. Енергія електричного поля в діелектриках.	3
Розділ 2. Електричний струм.		
7	Електричне поле. Постійний електричний струм. Закони Ома в інтегральній та диференціальній формі. Закон Джоуля-Ленца.	3
8	Розрахунок електричних кіл із використанням правил Кірхгофа.	3
9	Перехідні процеси при зарядці та розрядці конденсаторів.	3
Розділ 3. Магнітне поле.		
10	Магнітне поле в вакуумі. Сила Лоренца та закон Ампера. Закон Біо–Савара–Лапласа та його використання для розрахунку магнітного поля, що створюється струмами різної конфігурації.	3
11	Теорема про циркуляцію вектора індукції магнітного поля та її використання для розрахунку магнітного поля.	3
12	Явище електромагнітної індукції. Розв'язування задач із визначення електрорушійної сили та індукційного струму.	3
13	Електричний струм в електричних колах з індуктивністю. Енергія та тиск магнітного поля.	3
14	Вектори індукції, напруженості та намагніченості магнітного поля в речовині, граничні умови для них, їх джерела та вихори.	3
15	Використання теореми про циркуляцію вектора напруженості для визначення характеристик магнітного поля в речовині.	3
16	Енергія магнітного поля в речовині.	3
	Разом	48

4.2 Теми лабораторних занять

№ з/п	Лабораторні заняття	Кількість годин
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки. Основні закони електромагнетизму, що лежать в основі роботи аналогових електровимірювальних приладів.	4
2	Аналогові електровимірювальні прилади магнітоелектричної, електромагнітної, електростатичної та електродинамічної системи.	4
3	Методи вимірювання та перетворення електричних сигналів. Вимірювання змінної напруги та струму в колі змінного синусоїдального струму з активним та індуктивним опором, та кола активним та ємнісним опором.	4
4	Клас точності приладу систематичні та випадкові похибки, прямі та непрямі вимірювання. Комп'ютерна обробка експериментальних даних та графічне представлення отриманих результатів.	4
5	Дослідження коливань електричного поля за допомогою осцилографа	4
6	Вивчення законів сталого електричного струму в провідниках	4
7	Вивчення електричних властивостей сегнетоелектриків	4
8	Дослідження залежності електричного опору провідників і напівпровідників від температури	4
9	Вивчення властивостей напівпровідників	4
10	Узагальнення методів вивчення явищ та перевірки законів електромагнетизму	4
11	Вивчення ефекту Зеебека	4
12	Вивчення кола змінного синусоїдального струму з ємнісним і активним опорами	4
13	Дослідження магнітного поля короткого соленоїда та системи двох соленоїдів	4
14	Вивчення кола змінного синусоїдального струму з індуктивним та активним опорами	4
15	Перевірка теореми про циркуляцію вектора індукції магнітного поля	4
16	Узагальнення методів вивчення явищ та перевірки законів електромагнетизму	4
	Разом	64

5 Завдання для самостійної роботи з дисципліни «Електрика та магнетизм»

5.1 Теми курсових робіт з навчальної дисципліни «Електрика та магнетизм»

1. Підвищення ефективності роботи та застосування накопичувачів енергії електричного поля в науці та техніці.
2. Використання електричних та магнітних полів у прискорювачах заряджених частинок.
3. Основні властивості нелінійних діелектриків та їх застосування в електротехнічних приладах.
4. Сучасні потужні джерела струму та їх використання.
5. Фізичні основи високотемпературної надпровідності.
6. Властивості надпровідників першого та другого роду
7. Застосування надпровідників в наукових дослідженнях та техніці.
8. Принципи роботи термоелектричних приладів, що базуються на ефекті Пельтьє, та їх використання в сучасних комп'ютерних системах.
9. Ефект Джоуля-Томсона та його застосування для отримання низьких температур.
10. Магнітні властивості надпровідників та їх застосування в наукових дослідженнях та в техніці.
11. Сучасні теорії утворення магнітного поля Землі та його роль в біологічних процесах.
12. Магнетрон та його використання в наукових дослідженнях та сучасних технологічних розробках .
13. Свинцево-кислотні, нікель-кадмієві, нікель-металогідридні, літій-іонні акумулятори та розробки нових типів акумуляторів.
14. Електричне поле в біологічних об'єктах.
15. Створення плазми та її властивості в індукційних розрядах
16. Створення плазми та її властивості в ємнісних розрядах
17. Використання газових розрядів у розробці нанотехнологій
18. Фотовольтаїка.
19. Сучасні дослідження по підвищенню ефективності сонячних батарей.
20. Двигуни постійного та змінного електричного струму.
21. Магнітне поле Землі, його природа, розподіл в просторі та зміни в часі.
22. П'єзокерамічні генератори коливань та її використання в медичних та технічних цілях.
23. Характеристики електричного поля в анізотропних середовищах (кристалах).
24. Властивості магніто-м'яких та магніто-жорстких магнетиків та їх застосування.
25. Трансформатори та їх застосування.
26. Електричне та магнітне поле Землі.
27. Світлодіодні лампи, принцип роботи та їх ефективність порівняно з іншими джерелами світла.
28. Електромагніти та їх застосування, підйомна сила електромагніту.
29. Доменна структура феромагнетиків, методи досліджень характеристик доменів.
30. Магнітогідродинамічні генератори, принципи роботи, характеристики, застосування.
31. Тунельний ефект та його прояви в різноманітних фізичних явищах.
32. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.
33. Види магнітостатичних лінз та їх використання для керування рухом заряджених частинок.
34. Види електростатичних лінз та їх використання для керування рухом заряджених частинок.
35. Ефекти Джозефсона та їх застосування.
36. Перетворення електромагнітного поля при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої.
37. Радіаційні пояса Землі, їх характеристики та методи досліджень.

38. Ефект Холла та його використання.
39. Масспектрометри та їх застосування.
40. Вимушені коливання в контурі, що містить активний опір, індуктивність та ємність.
41. Магнітобіологія.
42. Надпотужні магніти та левітація.
43. Використання лічильників Гейгера у фізичних дослідженнях.
44. Використання прискорювачів заряджених частинок у медицині.

5.2 Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
Розділ 1. Електричне поле			
1	Електростатичне поле у вакуумі	18	Контрольна робота №1
2	Електростатика провідників	5	
3	Електростатичне поле в діелектриках	26	
	Разом за Розділом 1	49	
Розділ 2. Електричний струм			
4	Основні характеристики електричного струму	10	Контрольна робота №1
5	Класична теорія електропровідності металів газів та електролітів	6	
6	Основні положення квантової теорії	4	
7	Елементи квантової теорії провідності	5	
8	Термоелектричні та контактні явища	15	
	Разом за розділом 2	40	
Розділ 3. Магнітне поле			
9	Магнітне поле у вакуумі	11	Контрольна робота №2
10	Рух заряджених частинок в постійних електричних та магнітних полях	8	
11	Явище електромагнітної індукції	11	
12	Магнітне поле в речовині	12	
13	Магнітні властивості атомів та молекул	6	
14	Властивості магнетиків	15	
	Разом за Розділом 3	63	
	Разом	152	

6 Індивідуальні завдання

Розрахунково-графічні роботи за Розділами 1, 2, 3 згідно з пунктом **3. Тематичного плану навчальної дисципліни** виконуються згідно зі змістом завдань, що визначаються за номерами задачників зі списку 10. Рекомендована література

Розрахунково-графічна робота №1 за Розділом 1. 15 годин самостійної роботи.

3.25 [6], 3.28 [6], 3.22 [6], 3.20 [5], 3.25 [5], 3.90 [6], 3.27 [6];
 3.11 [6], 3.32 [5], 3.33 [5], 3.65 [6], 3.60 [1], 3.43 [5], 3.66 [5];
 3.19 [5], 3.65 [5], 3.56 [6], 3.69 [5], 3.79 [5], 3.80 [5], 3.89 [5].

Оцінювання (5 балів)

Розрахунково-графічна робота №2 за Розділом 1. 15 годин самостійної роботи.

3.86 [5], 3.81 [5], 3.93 [5], 3.91 [5], 3.131 [6], 3.96 [5], 3.103 [5];
 3.104 [5], 3.174 [6], 3.106 [5], 3.105 [5], 3.136 [5], 3.142 [5], 3.162 [6].

Оцінювання (5 балів)

Розрахунково-графічна робота №3 за Розділом 2. 15 годин самостійної роботи.

3.180 [6], 3.166 [5], 3.195 [6], 3.180 [5], 3.191 [5], 3.200 [6], 3.218 [6];

3.178 [6], 3.203 [5], 3.190 [6], 3.181 [5], 3.216 [6], 3.197 [5], 3.183 [5].

Оцінювання (5 балів)

Розрахунково-графічна робота №4 за Розділом 3. 15 годин самостійної роботи.

3.221 [5], 3.261 [6], 3.270 [6], 3.320 [6], 3.252 [5], 3.277 [6], 3.248 [5];
3.274 [5], 3.263 [5], 3.285 [6], 3.290 [5], 3.296 [5], 2.328 [5], 2.327 [5];
3.282 [5], 3.276 [5], 3.283 [5], 3.374 [6], 3.277 [5], 3.296 [6], 3.394 [5].

Оцінювання (5 балів)

Перша контрольна робота виконується за матеріалами Розділів 1 і 2. 15 годин самостійної роботи. Контрольна робота передбачає письмову відповідь на завдання, яке складається з одного теоретичного питання та двох задач, з наступним захистом в усній формі.

Друга контрольна робота виконується за матеріалами Розділу 3. 10 годин самостійної роботи. Контрольна робота передбачає письмову відповідь на завдання, яке складається з одного теоретичного питання та двох задач, з наступним захистом в усній формі.

7. Методи навчання

При викладанні курсу «Електрика та магнетизм» використовують словесні, наочні, практичні та дискусійні методи навчання. На лекціях використовують найчастіше словесний, наочний та дискусійний методи. На практичних і лабораторних заняттях найчастіше використовують практичний та дискусійний методи. Під час самостійної роботи знаходять застосування всі згадані методи навчання.

8. Методи контролю

Навчальним планом передбачені наступні методи контролю:

– поточний контроль передбачає 4 розрахунково-графічні роботи, 2 контрольні роботи та курсову роботу, що проводяться протягом семестру. Виконання лабораторних робіт передбачає допуск до лабораторної роботи, під час якого викладач перевіряє готовність студента до її виконання, включає в себе знання вимог техніки безпеки, теоретичних основ і експериментальних методів та схем, що використовуються під час виконання лабораторної роботи, а також захист результатів, отриманих у роботі.

– підсумковий семестровий контроль – іспит у комбінованій формі.

9 Схема нарахування балів

Контрольна робота 1	9
Контрольна робота 2	9
Практичні заняття, розрахункові роботи	20
Курсова робота	5
Фізичний практикум	17
Іспит	40
Сума	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 30 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання

Критерії оцінювання навчальних досягнень

9.1. Критерії оцінювання контрольної роботи.

Контрольна робота містить одне теоретичне питання та дві задачі. Критерії оцінювання теоретичних питань:

- Повна розгорнута відповідь - 3 бали.
 - Повна, але не розгорнута відповідь - 2 бали.
 - Неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей, - 1 бал.
 - Відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.
- Критерії оцінювання розв'язання задачі:
- Студент отримав загальний розв'язок і правильно вирахував числове значення відповіді - 3 бал.
 - Студент правильно вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння, але не зміг отримати загальний розв'язок - 2 бали.
 - Студент не повністю вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння - 1 бал.
 - Студент неправильно вписав необхідні для розв'язку закони та рівняння, чи розв'язок взагалі відсутній - 0 балів.

9.2. Критерії оцінювання курсової роботи

Максимальна кількість балів, якою оцінюється курсова робота, дорівнює 5.

Критерії оцінювання курсової роботи:

- тема курсової роботи відповідає програмі навчальної дисципліни; дано оцінку сучасного стану проблеми та показана актуальність роботи; матеріал, викладений в роботі, в повній мірі розкриває її суть; висновки, зроблені в роботі, є аргументованими; робота оформлена згідно зі стандартами – 5 балів;
- тема курсової роботи відповідає програмі навчальної дисципліни; дано оцінку сучасного стану проблеми та показана актуальність роботи; матеріал, викладений в роботі, достатнім чином розкриває її суть; висновки, зроблені в роботі є не досить аргументованими; в оформленні роботи мають місце недоліки – 4 бали;
- тема курсової роботи відповідає програмі навчальної дисципліни; дано оцінку сучасного стану проблеми та показана актуальність роботи; матеріал, викладений в роботі, в цілому розкриває її суть; висновки, зроблені в роботі є не досить аргументованими; в оформленні роботи мають місце недоліки – 3 бали;
- тема курсової роботи відповідає програмі навчальної дисципліни; сучасний стан проблеми та актуальність роботи показана не в повній мірі; матеріал, викладений в роботі, не в повній мірі розкриває її суть; висновки, зроблені в роботі не аргументовані; робота оформлена зі значними недоліками – 2 бали;
- тема курсової роботи відповідає програмі навчальної дисципліни; сучасний стан проблеми та актуальність роботи не розкрито; матеріал, викладений в роботі, частково розкриває її суть; в роботі відсутні висновки; робота оформлена зі значними недоліками – 1 бали;
- тема роботи не відповідає програмі навчальної дисципліни; сучасний стан проблеми та актуальність роботи не розкрито; матеріал, викладений в роботі, не розкриває її суть; в роботі відсутні висновки; робота оформлена зі значними недоліками або просто відсутня – 0 балів;

Критерії оцінювання розрахунково-графічної роботи. Максимальна кількість балів за розрахунково-графічну роботу складає $m = 5$ балів. Кожна незахищена задача знижує кількість балів на число $\Delta = m / n$, що визначається максимальною кількістю балів m та кількістю задач n . Остаточний результат дорівнює числу загальної кількості отриманих балів, що округлене до цілого.

Підсумковий контроль проводиться в формі екзамену. До складання іспиту допускають студентів, які набрали протягом семестру не менше 50% балів за кожну контрольну, практичні заняття та розрахункові роботи, а також фізичний практикум окремо. Екзаменаційне завдання: білет містить два теоретичних питання та три задачі. Загальна кількість балів, якими оцінюється відповіді на теоретичні питання дорівнює 18, з яких більш складне теоретичне питання оцінюється в 10 балів, а інше – в 8 балів.

Критерії оцінювання теоретичних питань:

- повна розгорнута відповідь – 10 (8) балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 9 (7) балів;
- повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність, – 8 (6) балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей, – 7 (5) балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Загальна кількість балів, якими оцінюється розв'язання задач дорівнює 22, з яких найбільш складна задача оцінюється в 10, задача середньої складності – 7 балів, найменш складна – 5 балів.

Критерії оцінювання розв'язання задач:

- отримано загальний розв'язок і правильно вираховано числове значення відповіді, залежно від складності оцінюється відповідно – 10, 7 або 5 балів;
- отримано загальний розв'язок але неправильно вираховано числове значення відповіді, залежно від складності оцінюється відповідно – 8, 6 або 4 балів;
- отримано загальний розв'язок, але є помилка в одиницях вимірювання, залежно від складності оцінюється відповідно – 7, 5 або 3 балів;
- правильно виписані необхідні для розв'язання закони та рівняння, але не отримано загальний розв'язок, залежно від складності оцінюється відповідно – 6, 4 або 2 балів;
- не повністю виписано необхідні для розв'язання закони та рівняння, залежно від складності оцінюється відповідно – 4, 3 або 1 балів;
- не правильно виписано необхідні для розв'язку закони та рівняння, або розв'язок задачі взагалі відсутній – 0 балів.

Кількість балів, що студент отримав на екзамені, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання іспиту.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою що наведена нижче.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендоване методичне забезпечення**Основна література**

1. E. Irodov Basic Laws of Electromagnetism -Mir Publishers Moscow, 1986.
2. R. Feynman, et al., The Feynman Lectures on Physics [Vol 2], 1964.
3. Edward M. Purcell Electricity and magnetism Berkeley Physics Course, Vol. 2, 1985.
4. I. E. Tamm Fundamentals of the Theory of Electricity Mir Publishers Moscow, 1979.
5. I. E Irodov Problems in general physics -Mir Publishers, 1988.
6. Загальна фізика. Збірник задач : навчальний посібник / за ред. І. Т. Горбачука. – К. : Вища школа, 1993.
7. Азаренков М. О. Електрика та магнетизм : підручник / М. О. Азаренков, Л. А. Булавін, В. П. Олефір. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 564 с.

8. Олефір В. П. Вступ до фізичного практикуму з електрики та магнетизму: навчальний посібник / В. П. Олефір. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. – 120 с.
9. Олефір В. П. Фізичний практикум з електрики та магнетизму : навчальний посібник / В. П. Олефір. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 188 с.

Допоміжна література

10. Richard P. Feynman_ Robert B. Leighton_ Matthew Sands. The Feynman Lectures on Physics_ Mainly Electromagnetism and Matter. Vol. 2-Basic Books, 2013.

Інформаційні ресурси

1. Вступний курс фізики, в якому розглядаються взаємодія зарядів між собою, просторовий розподіл напруженості електричного поля та його потенціалу. Electricity and Magnetism: Electrostatics <https://www.edx.org/course/electricity-and-magnetism-electrostatics>
2. Вступний курс фізики, в якому розглядаються магнітні поля та сили, рух зарядів у магнітних полях, аналіз простих схем постійного струму. Electricity and Magnetism: Magnetic Fields and Forces <https://www.edx.org/course/electricity-and-magnetism-magnetic-fields-and-force>
3. Вступний курс, в якому розглядаються поняття напруженості та потенціалу електричного поля, струму та опору, ланцюги постійного струму з опорами та конденсаторами. Electricity and Magnetism, Part 1 <https://www.edx.org/course/electricity-and-magnetism-part-1>
4. Курс, який знайомить з магнітним полем, що створюється струмами та магнітними матеріалами, з індукцією та котушками індуктивності, з ланцюгами змінного струму. Electricity & Magnetism, Part 2 <https://www.edx.org/course/electricity-magnetism-part-2>